Extension et restructuration du Lycée Pierre Mendès France à Rennes

Pierre Edern Brulé
Brulé Architectes Associés
Quimper, France

1. Introduction

1.1. Postures

Le projet architectural découle d'un processus long, intégrant une multiplicité d'acteurs, de compétences et de contraintes. Nous sommes aujourd'hui confrontés à des enjeux économiques, sociaux et surtout environnementaux inédits, nous imposant de nouvelles pratiques dans la manière de penser l'acte de construire. Éminemment politique, la commande publique se doit d'apporter des réponses à la hauteur des enjeux à travers des politiques d'aménagement, de réhabilitation et de densification mettant en valeur la qualité et la performance du bâti. Ces enjeux sont également l'occasion pour les professionnels de la construction dont nous sommes, de pousser nos recherches et notre réflexion en la faveur de solutions durables et soutenables.

Le projet présenté est issu d'une volonté politique clairement affichée par la Région Bretagne et intégrée dans la commande initiale, en vue de réaliser un bâtiment extrêmement performant d'un point de vue environnemental. Cette volonté a été relayée par l'équipe de maîtrise d'œuvre, pour aboutir à la construction d'un projet exemplaire **de conception passive et BEPOS, entièrement réalisé en bois.**

1.2. Les acteurs

Maîtrise d'ouvrage : la SEMAEB Rennes pour la Région Bretagne
AMO qualité environnementale : AFCE
Bureau de contrôle : SOCOTEC
Architecte : BRULE ARCHITECTES ASSOCIES
Architecte Paysagiste : LE BRUIT DES CAILLOUX
BET TCE : EGIS CENTRE OUEST
BET environnement : ELIOTH
BET acoustique : ACOUSTIBEL
Entreprise titulaire du macro-lot clos-couvert : CRUARD CHARPENTE

2. Contexte et enjeux

Situé au Nord de Rennes, le *Lycée des métiers du bâtiment et de l'énergétique Pierre Mendes France* s'étend sur une surface de 130 636 m², enclavée au cœur d'une zone d'activité intégrant pêle-mêle un centre de traitement des déchets VEOLIA, une usine ETERNIT, un grand pôle commercial E. LECLERC et, étonnamment intégrées, quelques maisons individuelles. Le lycée est peu impactant depuis l'espace public : son premier plan est composé d'un local à vélo aveugle transformé en bureaux, marqueur de l'entrée principale de l'établissement. Cette dernière ouvre sur un ensemble bâti constitué de différents bâtiments typiques de l'architecture scolaire des années 60-70, dispersés à simple RDC (administration), à R+1 (ateliers), ou R+2 (externat), formant un tout sans cohérence apparente. Peut-être le reflet d'une certaine manière de considérer l'enseignement technique dans les années d'après guerre, l'implantation-même de cet équipement dans la ville nous apparaît aujourd'hui comme un défi à la fois urbain et architectural : comment entrer en résonnance avec l'espace public, inscrire ce bâtiment à l'échelle de la ville ? Comment redonner une lecture d'ensemble cohérente à l'établissement, une façade urbaine qui donne à voir, à la mesure de l'équipement ?

Le projet d'extension et de restructuration du *Lycée des métiers du bâtiment et de l'énergétique* répond à un accroissement des effectifs du lycée, destiné à accueillir à termes plus de 1000 étudiants. De plus, le projet a pour objectif de palier à la prolifération de bâtiments modulaires sur le site avec un record pour l'académie : près de 3000 m² de préfabriqués intégrés sur le site au fil des années. Ainsi, en plus des enjeux urbains et architecturaux évoqués précédemment, la présente opération se doit de répondre à deux contraintes fortes : démolir, construire et réhabiliter en site occupé, le tout sans ajout de bâtiments modulaires.

L'opération intègre une extension de 4 000 m² répartis sur 3 niveaux (salles de classes, administration, CDI et locaux de vie scolaire), et la réhabilitation de 2 600 m² de bâtiments existants (salles de classes) pour une enveloppe globale travaux de 8 200 000 euros HT. Lauréat du concours en Janvier 2013, notre projet, synthèse de 15 ans d'expérience et de spécialisation de notre agence dans l'architecture bois de conception bioclimatique, se veut démonstratif sur les aspects architecturaux, constructifs et environnementaux (avec un projet tout bois de conception Passive et BEPOS), mais aussi et surtout reproductible avec un coût travaux maîtrisé (1600 euros HT/m², agencements et équipements de laboratoires de sciences compris pour la partie extension).

3. Un projet d'extension sobre et efficace

Illustration 1 : Perspective sur le futur bâtiment depuis le parvis ouvert sur l'espace public

3.1. Une architecture compacte et lisible

L'implantation du projet permet de créer une **frontalité valorisante sur la rue** et de clarifier les flux. Depuis l'espace public, le bâtiment monolithique est creusé par un hall à double hauteur largement vitré, laissant transparaître l'activité du Lycée. En façade, les différentes nuances de bois rythmées verticalement créent un effet cinétique. Une faille vitrée ouverte sur le CDI se prolonge à l'intérieur du bâtiment jusqu'à l'agora, sous le porche d'entrée créé par un porte-à-faux monumental (12x25 sur 7 mètres de hauteur).

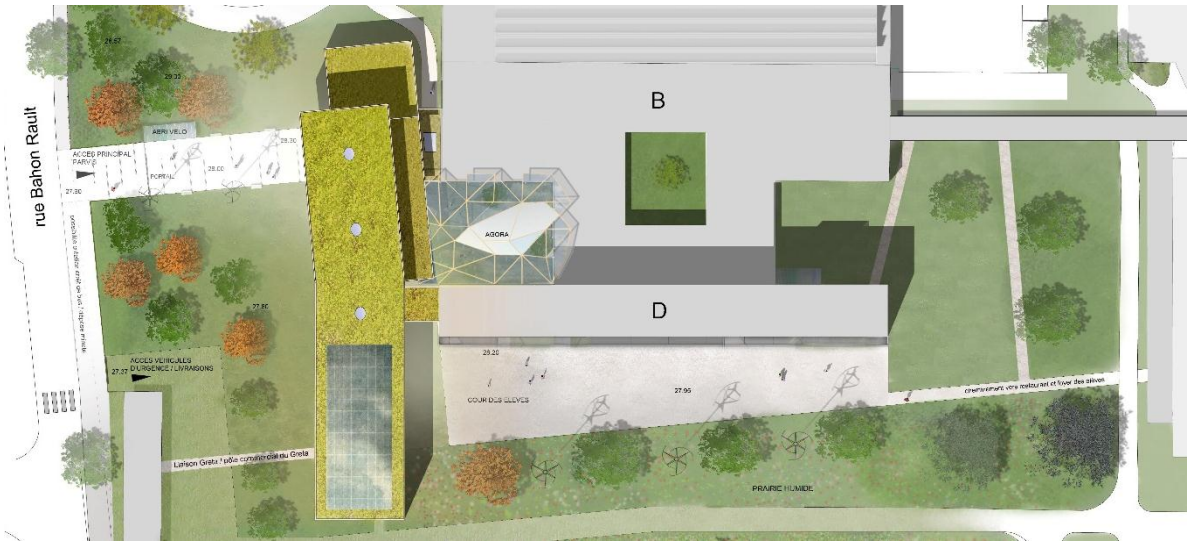

Illustration 2 : Plan masse général : à l'Ouest le bâtiment en extension – au Sud et au Nord, les bâtiments B et D réhabilités. S'appuyant sur les espèces existantes du site, une véritable transition végétale est créée entre l'espace public et l'entrée du bâtiment.

Nous avons imaginé une **agora couverte** placée au cœur du projet : contigüe au hall, elle s'ouvre sur le préau et la cour, et crée un vaste espace de convivialité et d'échange. Le Hall prolonge l'axe majeur Est Ouest existant (rue intérieure) et permet d'articuler l'ensemble des fonctions clé du projet. Il s'ouvre sur la vie scolaire, l'administration, le pôle enseignant, et l'agora, tout en étant connecté aux bâtiments B et D. Un escalier

monumental permet l'accès au CDI et aux différents niveaux du bâtiment. **L'accent est mis sur les espaces communs** (CDI, salle polyvalente, hall), rassemblés dans un volume habillé de stratifié brillant qui articule l'ensemble des circulations du bâtiment (rue intérieure, escalier monumental, connexion entre existant et extension). La liaison avec le bâtiment externat est assurée par une passerelle de liaison, volume « tampon » qui accueille l'ascenseur et assure l'accessibilité à l'ensemble des salles de classes, extension et existant confondus. Véritable outil pédagogique, le bâtiment donne à voir à la fois sa structure : bois pour l'ensemble de l'extension ; charpente mixte bois/métal sur l'agora ; double façade vitrée sur le bâtiment D existant ; et ses modes de production énergétique via des cellules photovoltaïques en toiture de l'extension.

Le bâtiment compact, conçu sur 3 niveaux, reçoit à RDC les locaux administratifs, la vie scolaire, la salle des professeurs ainsi que la salle polyvalente. Le R+1 accueille le CDI donnant sur le grand hall en cœur de bâtiment, ainsi que des salles de classes banalisées. Le R+2 est occupé par le pôle sciences ainsi que par des salles de classes banalisées.

3.2. Un mode constructif tout bois en extension pour un phasage précis

En plus de répondre à un objectif de performances environnementales globales, l'utilisation du matériau bois nous a permis de répondre aux enjeux d'intervention en site occupé (l'établissement est aussi centre d'examens), avec un objectif que nous nous sommes fixé dès l'esquisse : phaser les travaux pour permettre un unique déménagement, et réduire les nuisances chantier au maximum. Ainsi, grâce à l'utilisation du matériau bois et au recours à la préfabrication, les temps de mise en œuvre sont transférés en atelier, permettant une fois sur site l'intervention de 3 à 4 charpentiers maximum pour le montage des panneaux, avec un temps de réalisation du clos-couvert divisé par deux par rapport à une construction classique.

3.3. Un bâtiment manifeste d'un point de vue constructif

Illustration 3 : Phase 1 en cours de montage

Afin de respecter l'enveloppe budgétaire allouée, dès les premières esquisses, l'enveloppe du bâtiment a été pensée en intégrant des contraintes de *process* de fabrication et de mise en œuvre (notamment sur les dimensions maximales des planchers CLT). Il s'agit d'une démarche intégrée, globale et transversale (architecturale, constructive, technique) pour aboutir au projet le plus pertinent. Véritable vitrine des savoir-faire de la filière de la construction bois (à plus forte raison au *Lycée des métiers du bâtiment et de l'énergétique*), le bâtiment développé sur 3 niveaux est entièrement conçu en charpente, ossature, murs et planchers massifs bois totalisant 1000 m^3 sur l'ensemble de l'opération. Le principe structurel général est le suivant :

- Murs à ossature bois de 200 mm en périphérie de l'enveloppe
- Une première file porteuse intermédiaire poteau-poutre lamellé collé afin de répondre aux contraintes de distribution intérieure
- Une seconde file porteuse intermédiaire en voiles contre-cloués (murs TOT'M)
- Des voiles de contreventements en panneaux CLT (y compris la cage d'ascenseur)

- Des planchers CLT de 16,50 m de portée (sur la largeur du bâtiment) à R+1 et R+2 ce qui assure une simplicité et une rapidité de pose compétitives
- Une structure métallique permettant de porter le porte-à-faux de l'entrée
- Des caissons de charpente préfabriqués de 300 mm sur 17 m de largeur
- Du bardage vertical en mélèze (M2), choisi pour son classement au regard de la réglementation incendie évitant tout traitement chimique complémentaire.

Les phases de synthèse et de VISA sont fondamentales pour la bonne réalisation de ce type de bâtiment : il s'agit d'intégrer très en amont les différentes réservations (fluides, CFO, CFA…) et de s'assurer de la performance thermique de l'enveloppe globale. En plus d'assurer un temps de mise en œuvre réduit, la préfabrication en atelier ajoute une étape supplémentaire de vérification et de tests sur prototypes, notamment sur les points singuliers de traitement d'étanchéité à l'air et à l'eau au droit des menuiseries extérieures. La préfabrication en atelier concerne l'intégralité de la paroi : caissons bois (façade et toiture) pré-isolés avec frein-vapeur, pare-pluie, bardage et menuiseries extérieures.

3.4. Une enveloppe thermique performante

L'implantation du bâtiment dans son environnement permet une optimisation de la conception de l'enveloppe. Orienté Est-Ouest, le bâtiment n'a que peu de parois déperditives au Nord avec une dimension réduite du pignon et peu de parois Sud simp-lifiant le traitement des surchauffes estivales. Le choix des menuiseries extérieures s'est naturellement orienté vers des châssis mixtes (bois-aluminium) avec un Uw moyen < 1,1W/m²K. Les châssis Est, Sud et Ouest sont à double vitrage, les châssis Nord sont eux équipés de triple vitrage avec un Uw moyen < 0,9W/m²K.

Le niveau de performance en termes de consommation d'energie primaire est de **40 kWhep/m²** avec un Bbio de 24,30 points. La production photovoltaïque de 70 kWc en toiture permet de compenser largement les besoins en énergie primaire à hauteur de 44,50 kWhep/m² affichant ainsi un **CEP de -4 kWhep/m²/an** (bâtiment BEPOS) pour un CEP max de 55 kWhep/m²/an.

Ce niveau de performance est rendu possible par la conception de l'enveloppe thermique associée à une architecture compacte :

- **Plancher Bas RDC :** dalle BA 200mm – isolant sous chape polyuréthane de 94 mm avec R = 4,25 m².K/W – chape traditionnelle 50mm ;
- **Parois murs à ossature bois** (de l'extérieur vers l'intérieur) : parement BA13 – ossature S47 indépendante du MOB avec isolant laine de verre 45 mm- frein vapeur – ossature 200 mm isolée entre montants avec isolant laine de roche 175 mm – pare-pluie – voile travaillant CTBH – ossature verticale pour ventilation de la lame d'air + contre-ossature horizontale support du bardage mélèze vertical. **R global de la paroi= 6,25 m²K/W** ;
- **Caissons de toiture** (de l'extérieur vers l'intérieur) : OSB 18mm support de membrane d'étanchéité – lame d'air de 60 mm – écran de sous-toiture – OSB 18mm en fermeture de caissons – caissons bois avec montants de 360mm isolé avec une laine de bois avec R = 9,45 m²K/W – OSB 15mm – frein-vapeur – contre-lattage support des fixations des divers réseaux.

Afin d'éviter les risques de défauts d'étancheité à l'air liés aux dispositifs de ventilation des cages d'ascenseur, ce dernier a été placé en dehors du volume chauffé dans la passerelle de liaison entre l'extension et le bâtiment existant.

Le premier test d'étanchéité à l'air effectué en Décembre 2015 donne des résultats prometteurs :

Q4Pa-Surf = 0,27m³/(h.m²)
n50 = 0,30 h-1

3.5. Une ventilation maîtrisée et un appoint de chauffage réduit

Afin d'assurer un renouvèlement constant ainsi qu'une qualité sanitaire de l'air optimale, nous avons opté pour la mise en place de 5 CTA double flux à haut rendement GOLD de marque SWEEGON (avec échangeur à roue), allant jusqu'à 6000 m^3/h par machine, toutes équipées de batteries chaudes avec récupération de calories sur l'air extrait. La mise en place de ces machines permet le « *free cooling* » en mi-saison lorsque la température extérieure est inférieure à la température intérieure, par *bypass* de l'échangeur. Le renouvellement d'air devant être assuré de manière constante dans les sanitaires, une CTA double flux de 2000 m^3/h dédiée est mise en place assurant la ventilation des deux blocs sanitaires élèves des niveaux R+1 et R+2.

Ainsi, le besoin en appoint de chauffage est considérablement réduit (de l'ordre de 2,5 kWep/m^2). Afin de gérer cet appoint de la manière la plus pertinente possible, le projet est raccordé sur une chaudière gaz existante via une sous-station intégrée au bâtiment neuf avec une puissance de raccordement de 140kW. La diffusion est assurée par des panneaux rayonnants eau-chaude. Nous avons pu intégrer, dans les locaux à occupation constante (CDI, salle des professeurs, salle polyvalente) le principe de chauffage sur l'air grâce à des batteries chaudes terminales pilotées par des sondes d'ambiances placées dans la salle.

3.6. Un chantier maîtrisé, étayé par un macro-lot clos-couvert

Maître d'ouvrage et architectes ont débattu sur le mode de passation des marchés le plus judicieux pour ce projet ambitieux. D'un commun accord, nous avons lancé l'appel d'offre travaux en marchés séparés, avec cependant un macro-lot pour le lot clos-couvert, remporté par l'entreprise mandataire CRUARD CHARPENTE. Ce macro-lot inclut les démolitions, les fondations profondes, le gros-œuvre, la structure bois, la charpente métallique, l'étanchéité, les façades et en fin les menuiseries extérieures et murs rideaux.

Cette disposition s'avère tout à fait judicieuse dans le cadre d'un projet où la maîtrise de l'enveloppe est un enjeu "clé» : nombre d'interlocuteurs réduits, simplification des échanges en phase VISA entre les entreprises et l'architecte, responsabilité clarifiée sur les objectifs à atteindre en termes d'étanchéité à l'eau et à l'air, mais aussi maîtrise du budget et meilleure coordination entre entreprises... La qualité de réalisation que nous constatons alors que la première tranche s'achève, est indissociable d'un travail collaboratif poussé avec l'entreprise CRUARD CHARPENTE responsable du macro-lot, lors des phases de synthèse et de VISA qui ont été l'occasion de parfaire les solutions techniques avancées par la maîtrise d'œuvre.

3.7. Un budget maîtrisé

La qualité, les ambitions architecturales et techniques ne sont pas synonymes de surcoûts. Les solutions techniques retenues, certes audacieuses, sont le résultat d'un travail collectif approfondi au sein de la maîtrise d'œuvre, intégrant dès les premières esquisses les principaux dispositifs techniques en les optimisant, les questionnant, pour finalement aboutir à la réalisation d'un bâtiment manifeste, performant pour un coût travaux total inférieur à 1 600 euros HT/m^2.

4. Une réhabilitation mesurée

4.1. La rénovation thermique en question

La problématique de la réhabilitation doit-elle se résumer à l'application systématique de solutions en isolation thermique par l'extérieur (ITE) rapportée ? Certes, ce type de dispositif a démontré son efficacité sur un certain nombre d'opérations, mais il est nécessaire d'analyser les potentialités et spécificités de chaque bâtiment, avec pour objectif d'aboutir à la solution la plus performante d'un point de vue thermique, économique et architectural. A ces problématiques, s'ajoute dans le cas du *Lycée Pierre Mendès France* la notion d'intervention en site occupé avec un phasage évitant au maximum l'arrêt des cours dans les locaux impactés.

Illustration 4 : Perspective sur le bâtiment D réhabilité

4.2. Des interventions adaptées

Le bâtiment existant le plus impacté par l'opération est une construction tramée des années 70, se développant sur 3 niveaux, sur une surface de 1500 m² et accueillant les principales salles de cours de l'externat. Le bâtiment dispose d'une orientation Nord-Sud avec une grande circulation au Nord distribuant les salles de classes au Sud sur 3 niveaux. La phase DIAG a mis en avant le bon état des menuiseries extérieures aluminium double vitrage, remplacées au milieu des années 2000. De plus, nous nous sommes aperçus que dans le cadre de l'exploitation du bâtiment, le lycée ne chauffait pas la circulation Nord durant les mois d'hiver. C'est sur la base de ce constat que les dispositions suivantes ont été prises :

- Compte tenu de l'orientation du bâtiment et afin de profiter de l'inertie de la matière, un système de double façade bioclimatique est mis en place au Sud, permettant ainsi l'isolation de la façade tout en captant les apports solaires passifs. Ce traitement permet de diminuer considérablement les déperditions de la façade Sud, responsable de seulement 8 % des pertes thermiques de l'enveloppe. De plus, la conservation des menuiseries existantes couplée à ce dispositif assure des interventions travaux depuis l'extérieur, sans perturber le fonctionnement des salles de cours.
- Une isolation est assurée entre les salles de classes et la circulation au Nord, cette dernière étant considérée comme un espace tampon.
- Un volume technique est créé au Nord, accueillant les 3 centrales double – flux (1 par niveau), assurant un renouvellement d'air constant et permettant d'éviter les surchauffes lors des périodes les plus critiques.

Ces dispositions, vérifiées par le calcul thermique et la simulation thermique dynamique (STD) permettent de diminuer de plus de 50 % les besoins en énergie primaire des bâtiments existants :

Cep init = 201.61 Kweph/m²
Cep projet <90 Kweph/m²
Cep chauffage <40 Kweph/m²